

DESAIN BALING-BALING PENGGERAK GENERATOR MAGNET PERMANEN PADA BAGAN

Mohd Ridwan, Sunarso Sugeng, Sulaiman, Solichin Djazuli Sa'id

Prodi Studi Teknologi Perancangan Konstruksi Kapal, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, Jl.
Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah Indonesia
mridwandt@gmail.com

Abstrak

Arus laut yang berada disekeliling Bagan Apung/Tancap, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energy untuk penerangan selama operasional penangkapan ikan atau disaat kapal berlayar. Pemanfaatan energi arus laut untuk kapal ikan/nelayan dan bagan merupakan usaha untuk mengurangi pemakaian energi fosil. Energi arus laut dapat ditangkap menggunakan turbin/baling-baling, yang diteruskan dengan poros ke generator putaran rendah, hingga dihasilkan energi listrik untuk kebutuhan nelayan saat menangkap ikan di laut. Pengabdian ini akan melakukan pengamatan eksperimental pemanfaatan energi arus laut skala kecil, menerapkan generator magnet permanen (± 600 rpm), karena lebih ringan dan sederhana, dengan penggerak baling-baling (skala 1:1) dengan diameter baling-baling 100 mm, 200 mm, 300 mm and 400 mm, menghasilkan listrik 33.22 watt, 132.88 watt, 298.99 watt and 531.53 watt pada arus laut 0.5 knots.

Kata Kunci: Arus laut, Generator magnet permanen, Baling-baling.

Abstract

The ocean current is around the Bagan Apung/Tancap, can be used as a source of energy for lighting during fishing or boat movers. Utilization of ocean currents energy for The Bagan Apung is an attempt to reduce the use of fossil energy. The ocean currents can be captured using turbines/propellers/propellers, which are forwarded with a shaft to a low rotary generator, to produce electrical energy for the needs of fishermen while fishing at sea. This research produces experimental observation data of small-scale ocean currents utilization, applying a permanent magnet generator (± 600 rpm), because it is lighter and simpler, with propeller / blower / turbine propeller diameter 100 mm, 200 mm, 300 mm and 400 mm, generating 33.22 watt electricity, 132.88 watt, 298.99 watt and 531.53 watt at ocean current 0.5 knots.

Keywords: Ocean currents, permanent magnet generator, turbine / propeller.

PENDAHULUAN

Arus laut merupakan energi ramah lingkungan, dan merupakan energi terbarukan dimana aliran air tersebut dapat diperoleh secara regular dan energi yang dapat diperhitungkan [1]. Arus air laut merupakan massa air yang bergerak vertical dan horizontal menuju keseimbangannya atau gerakan air yang sangat luas dan terjadi di seluruh lautan dunia. Arus laut ini ada di sekeliling kapal nelayan atau bagan apung/tancap, yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk penerangan/pencahayaan saat penangkapan ikan ataupun penggerak kapalnya. Keuntungan menggunakan arus laut adalah: stabil (arus laut mengalir dengan konstan), ketersediaan (volum aliran air laut sangat besar), dapat diprediksi (arah arus dan kecepatannya dapat diketahui), dan tanpa pengaruh secara visual.

Energi arus laut dapat digunakan untuk menyalakan lampu. Lampu baik di kapal ikan maupun bagan menjadi unsur utama dalam usaha penangkapan ikan. Ikan berkumpul dibawah sinar cahaya, merupakan kelompok ikan yang memiliki sifat phototaksis positif, dan kelompok ikan yang mencari makanan di sekitar cahaya seperti plankton dan ikan-ikan kecil [2]. Lampu digunakan untuk menarik kumpulan ikan-ikan yang mempunyai sifat fototaksis positif. Bagan/kapal ikan bersifat pasif dan menunggu ikan-ikan supaya mendekat dan bergerombol dibawah sinar cahaya lampu. Setelah itu, barulah alat tangkap (*lift net*) diangkat ke atas secara vertikal.



Gambar 1. Bagan penangkapan ikan

Penerapan teknologi pemanfaatan energi dari laut adalah melalui konversi tenaga kinetik masa air laut menjadi tenaga listrik. Arus laut dapat ditangkap menggunakan *propeller* atau *turbine* yang ditempatkan pada masa air laut yang mengalir, gerakan ini diteruskan melalui poros untuk menggerakkan rotor pada suatu generator magnet permanen. Dalam pengabdian ini berusaha menemukan diameter, bentuk atau desain turbin yang memiliki performa terbaik untuk menghasilkan energi listrik pada generator magnet permanen putaran rendah (± 600 rpm)

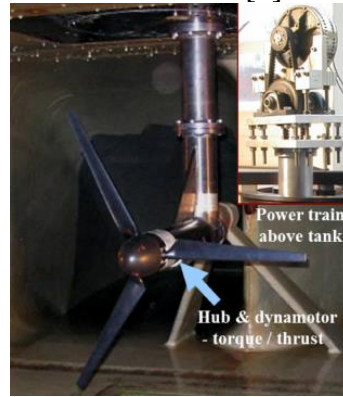
Tujuan utama pengabdian ini adalah menemukan diameter, bentuk atau desain *propeller* yang memiliki performa terbaik untuk menghasilkan energi listrik pada generator magnet permanen putaran rendah.

Target inovasi pengabdian adalah pemanfaatan energi arus laut, dan menghasilkan listrik skala kecil untuk kebutuhan nelayan saat operasional penangkapan ikan di laut, serta menghasilkan desain *propeller* yang dapat menggerakkan generator listrik di kapal ikan/bagan yang memiliki performa terbaik.

State of the art

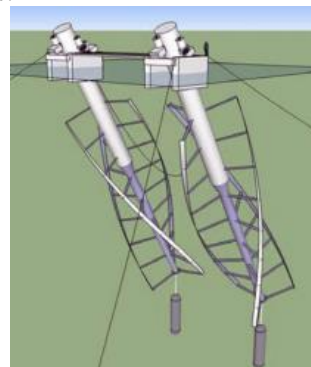
Penelitian ini akan melakukan pengamatan eksperimental pemanfaatan energi arus laut skala kecil, menerapkan generator (± 600 rpm) dengan penggerak baling-baling/turbin (skala 1:1) dengan diameter antara 0,2 m s.d 1,0 m. Beberapa penelitian terdahulu bertujuan untuk pengembangan konversi sumber daya energi kelautan berupa arus laut dan gelombang. Pengabdian ini menetapkan

pendekatan teknologi dan pengembangan proyek, menggunakan pengamatan eksperimental dan lapangan, dan pendekatan modeling. Pengujian model dilakukan pada turbin dengan diameter 0,3-0,8 m, skala 1/50 - 1/20, untuk turbin berukuran diameter 16 m [3].



Gambar 2. Uji model turbin diameter 0.8 m (skala 1:15) cavitation tunnel [3].

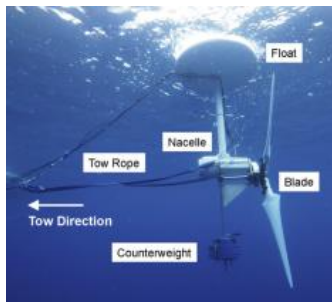
Penelitian lain menggunakan model turbin aliran axis yang mengapung, kemiringan sumbu turbin adalah pasif, berdasarkan keseimbangan beban hidrodinamik, daya apung dan berat. Model ini cocok untuk pembangkit listrik skala kecil, serta dapat dikembangkan untuk aplikasi besar pada arus sungai dan pasang surut. Turbin yang dijadikan sampel dua turbin arus laut yang dapat menghasilkan energi 2 MW [4], desain model sebagai terlihat pada **Gambar 3** berikut:



Gambar 3. Model turbin arus laut 2 MW untuk Kuroshio current [4].

Penelitian lain menggunakan turbin arus laut berdiameter 2 m yang terapung dengan pemberat disisi bawahnya guna

mempertahankan stabilitas turbin [1], seperti terlihat dalam **Gambar 4** berikut:



Gambar 4. Eksperimen *prototype turbine* di laut [1]

Arus Laut

Arus laut merupakan sistem sirkulasi dari massa air laut dalam arah pergerakan vertikal dan horizontal akibat gaya gravitasi, gaya gesek angin dan variasi kerapatan masa air laut pada bagian berbeda dalam samudera. Aliran arus laut memiliki pola yang kompleks, dapat juga terjadi karena adanya topografi dasar laut dan perputaran bumi. Massa air laut berpindah dari satu tempat ketempat lain secara kontinu. Arus laut permukaan disebabkan oleh tiupan angin, gerakan pasang surut air laut atau gelombang, sedangkan arus laut dalam akibat perbedaan kerapatan massa air laut. Energi yang dihasilkan oleh arus laut, besarnya dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$P = 0,5 \rho A V^3 \eta \text{ (Thorpe TW)}$$

Dimana:

P = Energi listrik yang dihasilkan (kW)

ρ = berat jenis air = 1025 kg/m

A = luas penampang (m²)

V = kecepatan arus (m/s)

η = efisiensi alat

Turbin

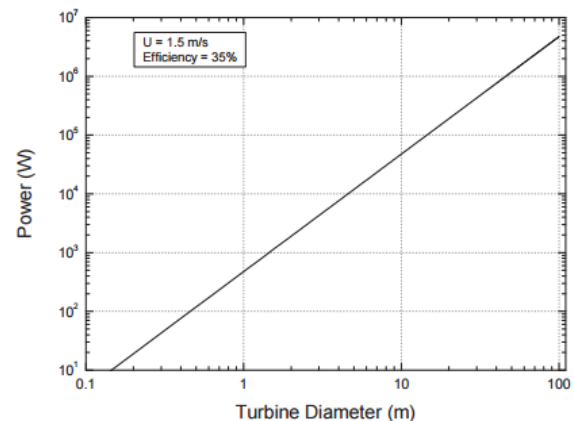
Turbin merupakan alat yang dapat merubah arah gerak dari gerak translasi menjadi gerak rotasi (energi mekanik). Turbin ini digerakkan oleh aliran fluida kerja dengan tekanan yang besar seperti arus laut. Besar energi yang dihasilkan berdasarkan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1** sebagai berikut:

Tabel 1. Power yang dihasilkan arus laut

Flow Speed (m/s)	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8
Flow power density (W/m ²)	262	512	886	1406	1730	2099	3362
System power capacity (kW)	165	322	556	884	1087	1319	1878

Catatan: Model turbin, diameter rotor 40 m, koefisien daya $C_p = 0.5$, $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ [5].

Hubungan dimensi turbin dengan besar energi yang dihasilkan dapat dilihat dalam **Gambar 5**, berikut:



Gambar 5. Energi yang dihasilkan turbin pada kecepatan arus 1.5 m/s, (Shirasawa, 2016).

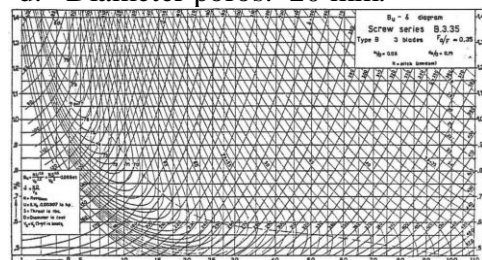
METODE

Langkah awal pengabdian adalah membuat *prototype* generator dan baling-baling berpenggerak arus laut.

Prototipe Baling-baling

Desain prototipe baling-baling menggunakan profile airofoil dengan 3 daun, Bu – delta diagram tipe B.3.35 terlihat pada **Gambar 6**, dari bahan almunium. Parameter sebagai berikut:

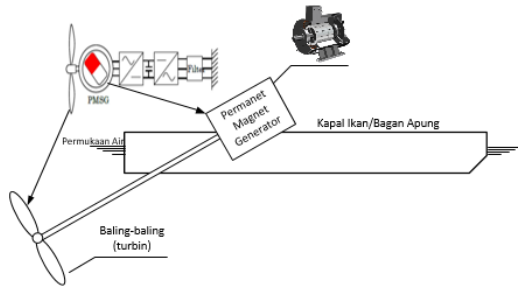
- Diameter : 0,3 s.d. 0,7 m
- Jumlah daun : 2 dan 3
- PMG : 48 Volt, 3 phase
AC, 500 Watt
- Diameter poros: 20 mm.



Gambar 6. Bu – delta diagram tipe B.3.35.

Skema Diagram

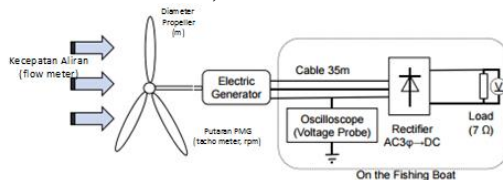
Skema diagram dengan susunan turbin, poros transmisi, generator magnet permanen (PMG) dan beban.



Gambar 7. Skema diagram eksperimen.

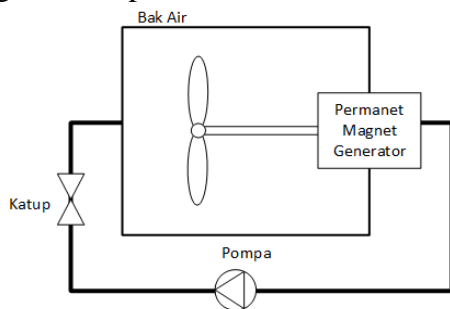
Parameter Ukur

Variabel penelitian antara lain adalah kecepatan arus (m/s) dan diameter turbin (m), susunan alat dapat dilihat dalam **Gambar 8**, berikut:



Gambar 8. Pengukuran dalam eksperimen

Eksperimen dilakukan dalam bak air. *Layout* percobaan dan aliran fluida menggunakan pompa serta katup sebagai pengatur kecepatan aliran fluida.



Gambar 9. layout percobaan.

HASIL

Komponen Eksperimen Alternator

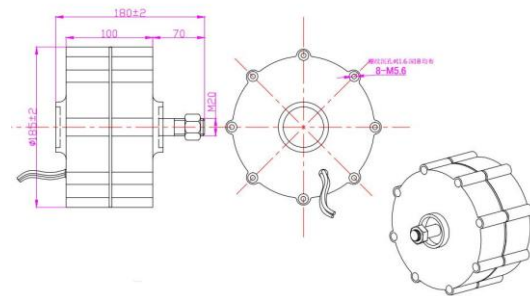
Alternator yang digunakan adalah generator magnet permanen, rpm rendah dengan tegangan 24 v, 3 phase DC (*direct current*).



Gambar 10. MPG

Pemilihan alternator ini karena memiliki beberapa keunggulan antara lain:

1. Rpm rendah sehingga tidak membutuhkan peralatan tambahan (*gearbox*).
2. Kemudahan dalam: pemasangan, perawatan dan perbaikan.
3. Rotor generator magnet permanen menggunakan alternator dengan desain stator khusus, secara efektif mengurangi torsi resistansi, unit ini dapat diandalkan.



Gambar 11. Desain MPG

Spesifikasi:

Rate Voltage : 24 volt/48 volt

Rated rotated speed : 600 rpm

Net weight : 6,5 kg

Lubrication :Grease

Working temperature: -40 °C – 80 °C

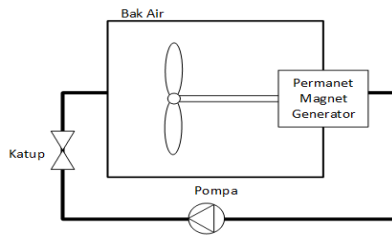
Magnet material : NdFeB

(*Neodymium Iron Boron*)

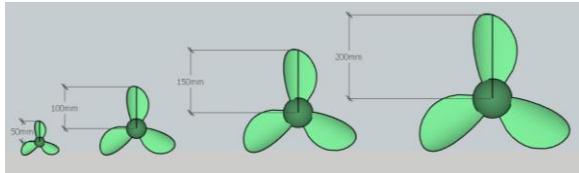
Type : 3 phase permanent magnet AC synchronous generator.

Desain Eksperimen

Eksperimen dilakukan dalam bak air (**Gambar 12** adalah desain percobaan dan aliran fluida) menggunakan pompa serta katup sebagai pengatur kecepatan aliran fluida.



Gambar 12. Desain percobaan



Gambar 13. Desain Propeller/Turbin

Hasil Eksperimen Arus Laut dan rpm

Hubungan antara kecepatan arus laut dengan putaran yang diperoleh Generator pada satu ukuran diameter *propeller*, adalah sebagai berikut;

Persamaan kuadrat: $y=a+bx+cx^2$

Standard Error (S): 0,0, Correlation Coefficient (r): 1,00, Linear regression.

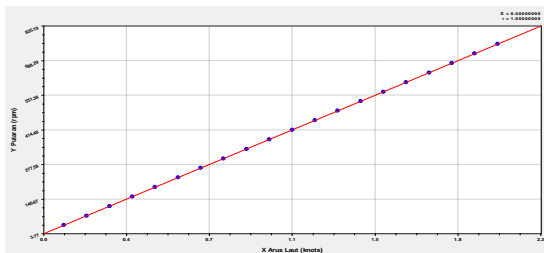
Koefisien data:

$$a = -1.9376625e-12$$

$$b = 376.8$$

$$c = -2.5902674e-12$$

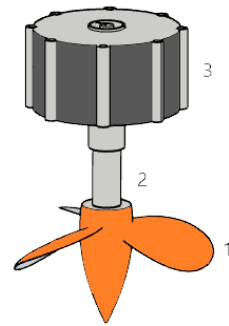
Arus laut berbanding lurus terhadap rpm yang dihasilkan oleh generator, hubungan ini dapat dilihat dalam **Gambar 14** berikut:



Gambar 14. Arus laut vs RPM generator.

Diameter Propeller dan rpm

Generator magnet *permanent* dan *propeller* di hubungan menggunakan poros, seperti terlihat dalam **Gambar 15**, berikut:



Gambar 15. Instalasi GMP

Keterangan:

1. *Propeller*
2. Poros penghubung
3. Generator Magnet *Permanent*

Propeller terpasang dengan variabel diameter (100 mm, 200 mm, 300 mm dan 400 mm), diperoleh rpm yang dihasilkan pada kecepatan arus sama; pada diameter propeller 100 mm menghasilkan rpm yang tertinggi, namun dalam konstruksi kurang proposional, dan rpm terendah pada diameter 400 mm, hal ini dapat dilihat dalam grafik berikut yang memiliki Standard Error (S): 9,82751876 dan Correlation Coefficient (r): 0,99537612, dengan persamaan sebagai berikut, dan grafiknya dapat dilihat pada **Gambar 16**:

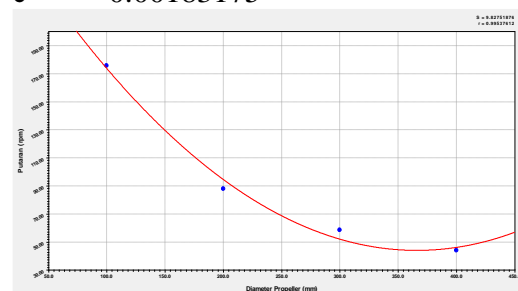
Persamaan kuadrat: $y=a+bx+cx^2$

Koefisien data:

$$a = 289.4075$$

$$b = -1.340825$$

$$c = 0.00183175$$



Gambar 16. Diameter baling-baling vs rpm

Daya Listrik

Daya listrik yang dihasilkan sangat terpengaruh terhadap luasan daun baling-baling, hubungan ini dapat dilihat dalam persamaan dan grafik pada **Gambar 17**.

Persamaan kuadrat: $y=a+bx+cx^2$

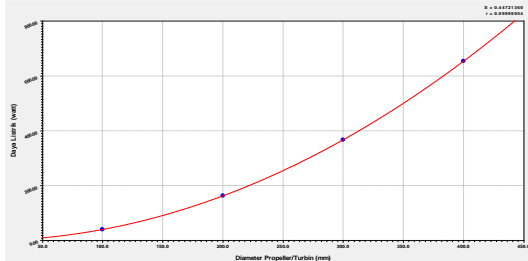
Koefisien data:

$$a = -0.5$$

$$b = -0.004$$

$$c = 0.0041$$

Standard Error (s): 0.4472136, Correlation Coefficient (r): 0.9999995, Linear regression.



Gambar 17. Diameter propeller vs daya listrik

D : 200 mm
A : 0,0314 mm

Tabel 2. Hasil 1

V (knots)	V (m/s)	P (watt)
0,10	0,047	1,06
0,20	0,093	8,50
0,30	0,140	28,70
0,40	0,187	68,04
0,50	0,233	132,88
0,60	0,280	229,62
0,70	0,327	364,63
0,80	0,373	544,29
0,90	0,420	774,97
1,00	0,467	1.063,06

D : 300 mm
A : 0,07065 mm

Tabel 3. Hasil 2

V (knots)	V (m/s)	P (watt)
0,10	0,047	2,39
0,20	0,093	19,14
0,30	0,140	64,58
0,40	0,187	153,08
0,50	0,233	298,99
0,60	0,280	516,65
0,70	0,327	820,42
0,80	0,373	1.224,64
0,90	0,420	1.743,68
1,00	0,467	2.391,88

D : 100 mm
A : 0,00785 mm

Tabel 4. Hasil 3

V (knots)	V (m/s)	P (watt)
0,10	0,047	0,27
0,20	0,093	2,13
0,30	0,140	7,18
0,40	0,187	17,01
0,50	0,233	33,22
0,60	0,280	57,41
0,70	0,327	91,16
0,80	0,373	136,07
0,90	0,420	193,74
1,00	0,467	265,76

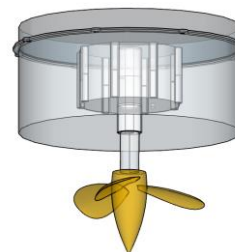
D : 400 mm
A : 0,1256 mm

Tabel 5. Hasil 4

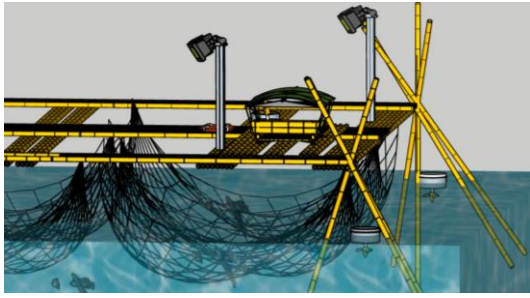
V (knots)	V (m/s)	P (watt)
0,10	0,047	4,25
0,20	0,093	34,02
0,30	0,140	114,81
0,40	0,187	272,14
0,50	0,233	531,53
0,60	0,280	918,48
0,70	0,327	1.458,52
0,80	0,373	2.177,14
0,90	0,420	3.099,88
1,00	0,467	4.252,23

Aplikasi Lapangan

Aplikasi lapangan instalasi generator magnet permanent di lengkapi dengan wadah yang dapat mengapung di air, hal ini bertujuan agar dapat diangkat dan dibawa dengan mudah saat bagan apung di gunakan, dapat dilihat dalam **Gambar 18**, berikut:



Gambar 18. Aplikasi lapangan.



Gambar 19. Aplikasi lapangan

KESIMPULAN

Penggunaan generator magnet permanent dapat digerakan dengan baling-baling/propeller diaplikasi pada bagan tancap, merupakan sumber energi untuk penerangan, atau sebagai alat menarik ikan di jaring yang terpasang pada bagan. Generator magnet permanent dengan putaran rendah (± 600 rpm), pada arus laut 0,10 knots atau 0,047 m/s dan diameter *propeller* 100 mm menghasilkan putaran GMP yang paling tinggi dari pada diameter lain, Namun daya listrik yang dihasilkan paling rendah; diameter *propeller* 100 mm daya listrik yang dihasilkan 33,22 watt pada kecepatan arus 0,50 knots, diameter *propeller* 200 mm daya listrik yang dihasilkan 132,88 watt, diameter *propeller* 300 mm daya listrik yang dihasilkan 298,99 watt, diameter *propeller* 400 mm daya listrik yang dihasilkan 531,53 watt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Vokasi UNDIP, nelayan, masyarakat Desa Bedono, serta seluruh stakeholder yang terkait dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, atas kerjasamanya sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Katsutoshi Shirasawa, Kohei Tokunaga, Hidetsugu Iwashita, Tsumoru Shintake, *Experimental verification of a floating ocean-current turbine with a single rotor for use in Kuroshio currents*, Renewable Energy 91 (2016), page: 189e195.
- [2] Ayodhya, A. U. 1981. Metode Penangkapan Ikan. Yayasan Dewi Sri: Bogor. 97 hal.
- [3] Abu Bakr S. Bahaj, *Generating electricity from the oceans*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011), page: 3399–3416.
- [4] Akimoto, H., Kenji Tanaka, Kiyoshi Uzawa, *A conceptual study of floating axis water current turbine for low-cost energy capturing from river, tide and ocean currents*, Renewable Energy 57 (2013), page :283 e 288.
- [5] Che-Chih Tsao, An-Hsuan Feng, Chieh Hsieh, Kang-Hsien Fan, *Marine current power with Cross-stream Active Mooring: Part I*, Renewable Energy 109 (2017), page:144 e 154.